ALTERACIONES MORFOLÓGICAS DE LA PRIMERA HOJA TRIFOLIOLADA DE *Phaseolus vulgaris* L. cv. `TACARIGUA´

Morphological aberrancy in the first trifoliolate leaf of P*haseolus vulgaris* L. cv. `Tacarigua´

Maria S. Ferrarotto
Departamento de Botánica Agrícola, Facultad de Agronomía.
Universidad Central de Venezuela. Apdo. 4579.ferrarottom@agr.ucv.ve

Resumen
Observaciones *in situ*, muestran alteraciones morfológicas recurrentes en la primera hoja trifoliada de *Phaseolus vulgaris* L. cultivar 'Tacarigua', en condiciones controladas. El objetivo de esta investigación fue realizar la descripción y clasificación de las alteraciones morfológicas observadas, a fin de evaluar si se trata de fasciación, como punto de partida para otras investigaciones sobre este fenómeno relacionadas con el estudio de diferentes tipos de alteraciones en órganos vegetativos, su heredabilidad y los factores que las producen. Para ello, se estableció un lote de 250 plantas a partir de semillas, en contenedores plásticos de 950 ml con suelo, hasta el muestreo a los 39 días de edad, momento de completa expansión foliar. El 11% de las plantas establecidas presentaron variaciones en la morfología de la primera hoja. Las alteraciones encontradas podrían interpretarse como fasciación del raquis y folíolos (23,5%), sustitución de la hoja típica por otras que variaron desde simple lobulada (14,7%) hasta tetrafoliolada (2,9%) o pentafoliolada (95,8%). Se observó bifurcación total o parcial del folíolo terminal y de uno o dos de los folíolos basales con ausencia del folíolo terminal, fusión de uno o ambos folíolos basales con el terminal y conformación de una sola lámina parcialmente lobulada. Los resultados indican que las alteraciones generaron 12 patrones de hojas distintos en la primera hoja trifoliolada, que difirieron de la hoja típica, por lo que no se descarta el origen genético del fenómeno. Iguales resultados han sido referidos en la literatura como modificaciones causadas por un agente abiótico externo cuyos efectos son heredables hasta la séptima generación.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, fasciación, folíolo, herbicida, raquis

Abstract
Recurrent morphological aberrancy in the first trifoliolate leaf of *Phaseolus vulgaris* L. cv 'Tacarigua', growing under controlled conditions, that could be considered as fasciation, has been observed *in situ*. The objective of the present study is to describe and classify the morphology of aberrant leaves to evaluate if it is fasciation, as a starter point for further research about this phenomenon, different kinds of aberrancies in vegetative organs, their hereditability and possible causes. A set of 250 plants were established from seed in 950 ml plastic pots with soil, until 39 days of age, time of full leaf expansion. Variations in the first leaf morphology of 11% of plants were observed. Aberrancies can be considered as fasciation of the rachis and leaflets (23,5%), substitution of the typical leaf by others that varied from simple unifoliolate lobulated (14,7%) to tetrafoliolate (2,9%) or pentafoliolate (95,8%). A total or partial bifurcation of the upper leaflet and one or two of the lowers with

Recibido: 20/11/2011- Aceptado: 08/05/2012

absence of the upper one was observed, also, fusion of lower leaflets with the upper: fusion of the two lower or the three leaflets fused forming a single blade partially lobulated. The results show that aberrancies generated 12 different patterns in the first trifoliolate leaf, which differed from the typical trifoliolate leaf. For this reason a genetic origin has to be considered as the possible origin of the phenomenon. Same results have been described in the literature as a modification due to an abiotic agent which effects are inheritable until the sixth generation.

Key words: *Phaseolus vulgaris*, fasciation, leaflet, herbicide, rachis.

Introducción

Fasciación, es un término proveniente del latín fascia, que significa fusión. Bajo este término son referidas las alteraciones morfológicas en plantas que se caracterizan como una distorsión que afecta órganos vegetativos y reproductivos tales como el aplanamiento de estructuras cilíndricas como tallos y raquis, fusión de órganos y apéndices que típicamente están separados, la expansión lateral de un órgano en su punto de crecimiento, el alargamiento de un eje o la proliferación de folíolos (White 1948). La fasciación afecta dicotiledóneas y monocotiledóneas de 39 familias de plantas y 86 géneros (Goethals *et al*. 2001). Puede ocurrir en tallos, raíces, hojas, botones florales y frutos debido a diversas causas tales como balance hormonal, mutaciones en células meristemáticas, infecciones por microorganismos, ataque de insectos y daños químicos o mecánicos que en algunas especies de plantas pueden ser heredables. Biggeli (1990) refiere que la fasciación se debe a alteraciones genéticas o depende de alguna condición ambiental. El mecanismo anormal de división celular es el mismo aun cuando el estímulo que produce la alteración no ha sido identificado (Headlam 1979), a este respecto, Ferrarotto & Jáuregui (2006), describieron los cambios anatómicos generados en tallos fasciados de *Amaranthus cruentus* para identificar los cambios que se producen y el tipo de fasciación.

En plantas de *Pisum sativum*, se observó una reducción en el número de folíolos por hoja, desarrollo de hojas simples o con lóbulos, absorción completa de una determinada hoja, quedando sólo un par de estípulas, estas modificaciones han sido asociadas con variaciones en el contenido de auxinas (DeMason & Chawla 2004). En plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) del cultivar 'Navy', se han encontrado alteraciones de hojas trifolioladas, con la consecuente transformación a una sola lámina y hasta pentafolioladas. Hofmann (1926) demostró que la aplicación de una solución de 0,75% de hidrato del cloral no solo produce modificaciones marcadas en hojas, sino que genera tipos con alteraciones que persisten, hasta por siete generaciones.

A este respecto, junto al cloroformo, el hidrato de cloral (Monohidrato tricloroacetaldehído), era un producto colateral a la cloración del agua, recomendado cuando los residuos orgánicos del agua de riego superan los 5

µg. L^{-1}. En la actualidad, aun cuando esta práctica no se realiza, el hidrato de cloral es utilizado como intermediario de herbicidas y otros tipos de pesticidas. Tal es el caso del fluazifop-p-butyl (ácido pirimidil oxifenoxi propiónico), un herbicida post emergente sistémico selectivo para hoja ancha utilizado en caraota (*Phaseolus vulgaris* L.), soya (*Glycine max* (L.) Merr.), zanahoria (*Daucus carota* L.), espinaca (*Spinacia oleracea* L.), papa (*Solanum tuberosum* L.) y algunas ornamentales, existiendo información limitada acerca de los efectos fitóxicos de este producto en plantas (EXTOXNET 1993). En este sentido, se conoce que dentro de la planta, el fluacifop-p-butil se rompe rápidamente en presencia de agua, formando fluazifop-p, que es la forma ácida del herbicida (Dalgic *et al*. 2007). La forma hidrolizada posiblemente se moviliza por el floema y se acumula en las regiones meristemáticas causando alteraciones a nivel celular (Parker *et al*. 1985).

La presente investigación se plantea como objetivo describir e interpretar las alteraciones morfológicas de hojas de caraota no referida en la literatura en años recientes, que podría utilizarse como indicadora de efectos físico-químicos, para la evaluación e interpretación de algunas prácticas relacionadas con el manejo agronómico de este cultivo en el país.

Materiales y métodos

Para la realización de esta investigación, un lote de 250 plantas de caraota *Phaseolus vulgaris* L. cv `Tacarigua` fueron obtenidas a partir de semillas provenientes del Estado Yaracuy, Venezuela. Las semillas se sembraron en recipientes de polietileno de 950 ml de capacidad pintados con esmalte plateado, llenados con suelo serie Maracay, colocando cuatro semillas en cada recipiente. Las plántulas se mantuvieron en condiciones de invernadero de techo de vidrio y paredes de malla metálica, sobre mesones de cemento, a plena exposición de la luz solar en el invernadero con techo de vidrio, en la Cátedra de Fisiología Vegetal de la Facultad de Agronomía (Universidad Central de Venezuela), localizado en Maracay, distrito Girardot, Municipio Mario Briceño Iragorry, estado Aragua a 67° 37" de Longitud Oeste 10° 17"de Latitud Norte y a una altitud de 45 msnm.

Los recipientes se distribuyeron bajo un diseño completamente aleatorio en el cual la unidad experimental estuvo representada por cuatro plantas por recipiente. No se aplicaron tratamientos, ya que todas las plantas se mantuvieron en las mismas condiciones, para permitir su normal desarrollo hasta que la primera hoja trifoliolada alcanzara su máxima expansión a los 39 días después de la siembra. En ese momento se realizó un único muestreo, se seleccionaron las plantas con presencia de folíolos fasciados para la descripción morfológica de cada patrón de fasciación observado y se calculó su frecuencia de aparición como porcentaje, en el lote de plantas estudiadas. Las variables cuantitativas estudiadas fueron: frecuencia de aparición de la alteración, longitud del raquis, número de folíolos por hojas; y las variables cualitativas: descripción de la alteración morfológica y presencia de estipelas.

Resultados y discusión

La alteración morfológica ocurrió siempre en la primera hoja trifoliada, la cual difirió en su morfología de la hoja típica trifoliada, no alterada, en un 11% de las plantas, mostrando variación en su composición y forma: desde simple o unifoliada unilobulada, tetrafoliolada hasta pentafoliolada, o con bifurcación total o parcial de uno de sus folíolos. Los diferentes patrones observados en las hojas con alteraciones morfológicas, se presentan en las Figuras 1 y 2.

Para esta descripción la bifurcación podría definirse como división irregular en uno de los folíolos que tendió hacia la forma de "Y", ya sea en folíolos basales o en el terminal. Cuando la bifurcación ocurrió en el folíolo central, se observó aplanamiento, engrosamiento y curvatura del su peciolulo. Esta morfología corresponde a un apéndice fasciado en el cual, según White (1945), la pérdida de control de la planta sobre el crecimiento causa un aspecto morfológico impredecible.

En el Cuadro 1 se presentan las alteraciones morfológicas que generaron 12 patrones distintos en las hojas alteradas y las variables cuantitativas y cualitativas determinadas en la primera hoja trifoliada y su porcentaje de aparición. Entendiendo el fenómeno como fusión de partes, bifurcación y lobulación de láminas de los folíolos se obtiene que los cambios ocurridos fueron: 1) bifurcación del folíolo terminal y uno o ambos laterales, o bifurcación de un solo folíolo lateral, lo que generó hojas tetra y pentafolioladas, 2) fusión de un folíolo lateral con el terminal y fusión de los tres folíolos, que produjo hojas de una sola lámina, 3) lobulación en grados variables del folíolo terminal o de los laterales, 4) ausencia del folíolo terminal por lo que la hoja quedó sólo con dos folíolos, 5) folíolo terminal trifoliolado para hojas pentafolioladas. A este respecto, White (1948), afirma que en un mismo punto de crecimiento algunas plantas pueden ocasionalmente producir dos hojas aparentemente fusionadas originadas a partir del mismo primordio.

Al observar la frecuencia de las alteraciones, se encontró que el mayor porcentaje (23,5%) consistió en hojas con dos láminas debido a la fusión de un folíolo lateral con el terminal, esta modificación fue encontrada en la segunda generación de descendientes de padres expuestos a hidrato de cloral por Hofmann (1926). Así mismo, un 14,7% de las plantas bajo estudio exhibieron un folíolo terminal con grados variables de lobulación y folíolos laterales normales. El 8,7% de las hojas fasciadas se presentaron como tetrafolioladas, debido a la bifurcación del folíolo terminal, resultados similares fueron descritos por Hofmann (1926) para la primera generación de descendientes de padres tratados con hidrato de cloral. Las hojas cuya alteración ocurrió en un folíolo lateral trifoliolado, conformando hojas pentafolioladas, se presentaron en 5,8% de las plantas. Esta morfología coincide con la encontrada por Hofmann (1926) para la primera generación de descendientes de plantas de caraota tratadas con hidrato de cloral, así como aquellas con fusión de los tres folíolos y conformación de una sola lámina lobulada. En este sentido, en plantas de hojas pinnadas, el

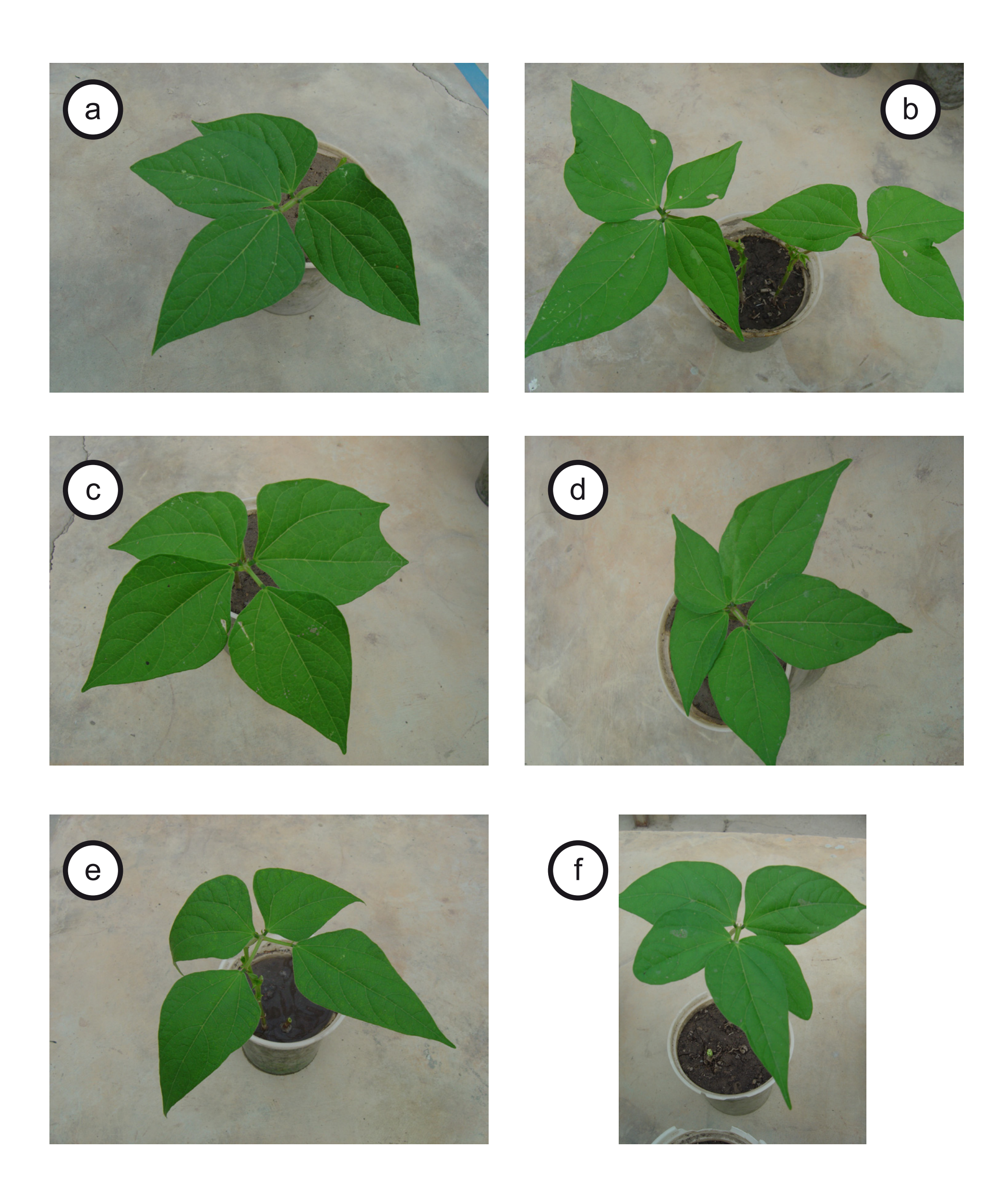


Figura 1. Plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar 'Tacarigua' mostrando alteraciones morfológicas en la primera hoja trifoliolada. (a) a (f) Bifurcación (patrones 1, 2, 3, 4, 5, 6); (c) a (f) lobulación de folíolos (patrones 3, 4, 5, 6).

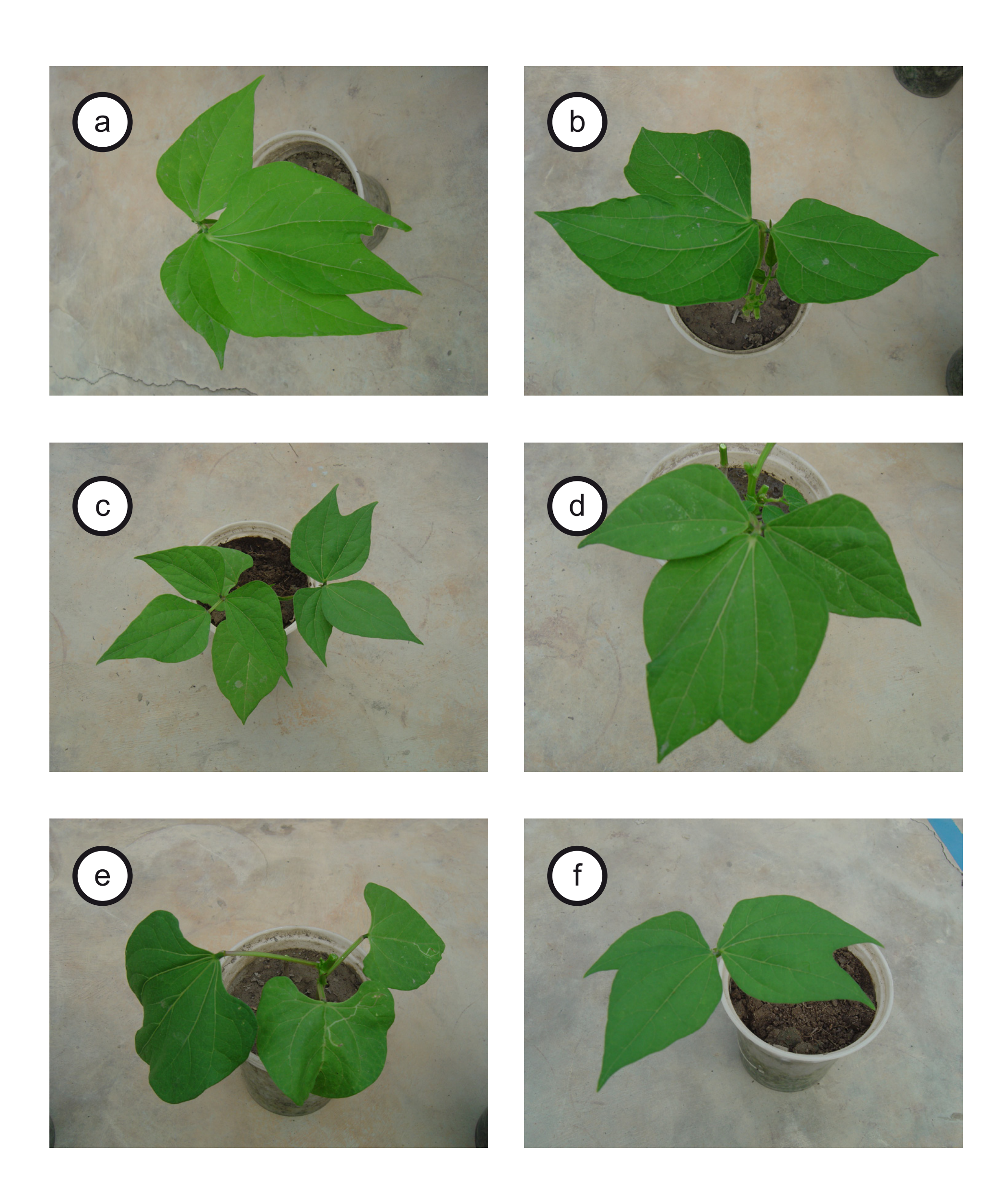


Figura 2. Plantas de caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar 'Tacarigua' mostrando alteraciones morfológicas en la primera hoja trifoliolada. (a) Bifurcación (patrón 7); (b) y (e) fusión (patrones 8 y 11) y (d) a (f) lobulación de folíolos (patrones 10, 11 y 12).

Cuadro 1. Alteraciones morfológicas, variables cuantitativas y cualitativas determinadas en la primera hoja trifoliolada y su porcentaje de aparición.

Patrones	Alteración morfológica	Nº folíolos/ hoja	Presencia de estipelas	Longitud del raquis (cm)	% de aparición de la alteración
1	Bifurcación del folíolo terminal	4	En todos los folíolos	Bifurcado corto (1cm)	5,8
		4	Sólo en folíolos laterales	Bifurcado largo (1,8-2cm)	2,9
2	Un folíolo lateral trifoliolado	4	En folíolo terminal y en un lateral	0,8cm	5,8
3	Bifurcación de un folíolo lateral y lobulación del otro lateral	4	Ausentes en el folíolo terminal	1,1cm	2,9
4	Bifurcación del folíolo terminal y de uno lateral	5	Sólo en el folíolo lateral no alterado	1cm	2,9
5	Bifurcación de los dos folíolos laterales y folíolo terminal ausente	4	Sólo en folíolos laterales	Ausente	2,9
6	Bifurcación de los dos folíolos laterales y lobulación de uno de ellos; ausencia del folíolo terminal	4	Sólo en folíolos laterales	Ausente	2,9
7	Folíolo terminal trifoliolado y laterales normales	5	En ambos folíolos laterales	1,4cm	2,9

8	Fusión de un folíolo lateral con el terminal	2	Sólo en los folíolos fusionados	Curvo-engrosado 0,4-0,5cm	23,5
9	Bifurcación de un folíolo lateral, lobulación de un folíolo lateral y folíolo terminal ausente	3	Sólo en los folíolos laterales	Ausente	2,9
10	Folíolo terminal con grados variables de lobulación y folíolos laterales normales	3	Sólo en folíolos laterales	Rectos, curvos y ligeramente curvos (0,5-0,7cm)	14,7
11	Fusión de los tres folíolos y conformación de una sola lámina lobulada	1	A ambos lados del único peciolulo	Ausente	5,8
12	Bifurcación de un folíolo lateral	4	En todos los folíolos	1,2cm	2,9

incremento en el número de folíolos, puede considerarse producto de la fasciación, tal como fue encontrado en hojas de trébol (*Trifolium pratense* L.) por Kajanus (1913). Adicionalmente, los siete patrones restantes de alteraciones de la primera hoja presentaron bifurcación de láminas de los folíolos y sólo se presentaron en el 2,9% de las plantas (Cuadro 1).

En cuanto a variables cualitativas, la presencia de estipelas observadas a ambos lados del folíolo terminal y una por cada folíolo lateral en hojas típicas trifolioladas de caraota varió en las hojas con alteraciones morfológicas. La ausencia de estipelas del folíolo terminal se encontró en todos los casos en los que la alteración involucró bifurcación de folíolos. En el caso de la fusión de folíolos, las estipelas se presentaron sólo en los folíolos fusionados y no se observaron en el folíolo libre y cuando los tres folíolos se fusionaron conformando una sola lámina, las estipelas se presentaron a ambos lados

del único peciolulo como si fuera el caso del folíolo terminal en una hoja trifoliolada no fasciada o típica de esta especie.

La longitud del raquis o eje en el que se insertan los folíolos en hojas alteradas varió, así como su morfología. En una hoja típica el raquis midió 1 cm. Cuando ocurrió bifurcación del folíolo terminal, el raquis también se bifurcó, manteniendo su longitud o duplicándola (Cuadro 1). A este respecto, White (1948), considera al alargamiento de ejes en hojas compuestas como efecto de fasciación. En los casos de ausencia de folíolo terminal no se observó raquis y cuando el folíolo terminal mostró grados variables de lobulación y los folíolos laterales no mostraron alteraciones morfológicas el raquis mostró forma recta, curva y fue más corto (0,5 cm). En la alteración morfológica en la que se fusionó un folíolo lateral con el terminal el raquis fue curvo, engrosado y corto (0,4-0,5 cm).

Conclusiones

El fenómeno de fasciación, entendido como fusión de partes, bifurcación y lobulación de láminas de los folíolos, podría explicar en cierto modo las alteraciones foliares. En virtud que éstas sólo ocurrieron en la primera hoja trifoliolada de las plantas de caraota estudiadas, el fenómeno pareciera tener una connotación genética. Por otra parte, la literatura señala alteraciones iguales a las encontradas en esta investigación, debidas al efecto de la aplicación del herbicida fluacifop-p-butyl, no obstante, la fasciación es considerada como un carácter latente que puede reaparecer cada cierto tiempo bajo condiciones ambientales favorables. Por lo antes expuesto, este trabajo representa una contribución al conocimiento del fenómeno de fasciación, que puede tener su origen en varias causas que involucran factores bióticos y abióticos, propios de las plantas o ambientales, pero es necesario profundizar en este aspecto, mediante estudios anatómicos de los órganos alterados y realizar investigaciones puntuales en las que se apliquen diferentes dosis del herbicida para observar su efecto sobre la morfología de plantas tratadas, para dar respuesta a las hipótesis generadas.

Referencias bibliográficas

BIGGELI, P. 1990. Occurrence and causes of fasciation. *Cecidology*. 5:57-62

DALGIC, A., D, FERUZAN, E. FILIZ & A. TULIN. 2007. The effects of Fusilade (Fluazifop-p-butyl) on germination, mitotic frequency and α-amylase activity of lentil (***Lens culinaris*** Medik.) seeds. *Acta Physiol. Pl*. 29(2): 1

DeMANSON, D. & R. CHAWLA. 2004. Roles for auxin during morphogenesis of the compound leaves of pea (***Pisum sativum***). *Planta*. 218(3): 435-448

EXTOXNET. 1993. *Extension Toxicology Network*. http://extoxnet.orst.edu/pips/fluazifo.htm. (Sept. 10, 1993)

FERRAROTTO, M. & D. JÁUREGUI. 2006. Alteraciones anatómicas en el eje caulinar fasciado ***de Amaranthus cruentus*** L. *Acta Bot. Venez*. 29(2): 357-362

GOETHALS, K., D. VEREECKE, M. JAZIRI, M. VAN MONTAGUE & M. HOLSTERS. 2001. Leafy gall formation by ***Rhodococcus fascians***. *Annual. Rev. Phytopathol*. 39: 27-52.

HEADLAM, A. W. 1979. Fasciation.

Quart. Bull. Amer. Rhododendron Soc. (ARS). 33(2): 1

KAJANUS, B. 1913. Über einige vegetative Anomalien bei ***Trifolium pretense*** L. *Zeits. Ind. Abst. Ver*. 9: 111-133

WHITE, O. 1945. The biology of fasciation and its relation to abnormal growth. *J. Heredity*. 36:11-12

WHITE, O. E. 1948. Fasciation. *Bot. Rev*. 14(6): 319-358